Lane Medical Library

Blutzucker nach Röntgenbestrahlung

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

Medizin, Chirurgie und Geburtshilfe

der Hohen Medizinischen Fakultät

der Universität Greifswald

vorgelegt von

Wilhelm Ehrhardt

aus Hannover

1931

Buchdruckerei Hans Adler, Inh. E. Panzig & Co., Greifswald

Eingereicht im Oktober 1931.

Gedruckt mit Genehmigung der Hohen Medizinischen Fakultät der Universität Greifswald.

Dekan: Prof. Dr. Proell.
Referent: Privatdoz. Dr. Kingreen.
Korreferent: Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Pels Leusden.

Der Zucker im Blut stammt zum größten Teil aus den Kohlehydraten der Nahrung, die als Monosacchari vom Darm aufgenommen werden und durch die Pfortader in die Leber gelangen. Das Pfortaderblut enthält am meisten Zucker und zwar ist es im wesentlichen Traubenzucker.

In der Leber wird die Dextrose in Glykogen umgewandelt und im Bedarfsfalle Glykogen umgekehrt wieder zu Zucker. Auch andere Organe sind, wenn auch in weit geringerem Maße an der Glykogenspeicherung und dem Zuckerstoffwechsel beteiligt. Eine operative Ausschaltung der Leber führt zu Hypoglykaemie, die durch Injektion von Traubenzucker wieder beseitigt werden kann. Wenn die Leber mit Glykogen gesättigt ist, so nach überreicher Kohlehydratezufuhr, steigt im zirkulierenden Blut der Zukkerspiegel beträchtlich. In kurzer Zeit wird aber wieder ein Gleichgewichtszustand herbeigeführt und man nimmt an, daß in einem solchen Falle durch Reiz der „Zuckerzentren" im Zentralnervensystem bestimmten Hormondrüsen auf vegetativen Bahnen Impulse zur Inkretbildung zugeschickt werden, die eine Regulation bewirken. Mit Hilfe des Adrenalins aus den Nebennieren und des Pankreasproduktes Insulin bleibt unter physiologischen Verhältnissen ein Normalzustand gesichert. Beim nüchternen Menschen hält sich der Blutzuckerspiegel auf gleicher Höhe. Die einzelnen Individuen zeigen eine verschiedene Größe des Blutzuckergehaltes; die Werte schwanken in der Norm zwischen 0,07—0,12 %. Einen geringen Einfluß übt das Lebensalter aus.

Die Klinik schenkte dem Verhalten des Blutzuckers beim Versagen des Pankreas-Inselapparates, beim Diabetes

mellitus, die meiste Beachtung. Neben vielen äußerlichen Symptomen dient der Blutzuckerspiegel als Indikator für die Gefahr eines hyper- oder hypoglykaemischen Zustandes. Steigt der Blutzuckergehalt über 0,18 %, so erscheint Zucker im Urin. Auch bei Unregelmäßigkeiten in der Funktion anderer Drüsen mit innerer Sekretion fanden sich abnorme Blutzuckerwerte. So die Adrenalinhyperglykaemie, die, als Sympathikuswirkung an den feinen Nervenendigungen in der Leber aufzufassen, durch Injektion von Adrenalin künstlich zu erzeugen ist; in seltenen Fällen kommt sie durch Geschwülste des Nebennierenmarks ohne äußeres Zutun zustande. Das Adrenalin begünstigt in hohem Maße die Glykogenmobilisierung zu Zucker. Wird die Leber exstirpiert, so läßt sich Hyperglykaemie nicht mehr erzielen.

An der Greifswalder Chirurgischen Klinik wurde beobachtet, daß nach Operationen in Lokalanaesthesie mit Novokain-Adrenalin die Blutzuckerwerte stiegen, ganz entsprechend den Anschauungen über die Sympathikus-Wirkung (Kingreen). Hyperglykaemie fand sich ferner bei Einverleibung von Schilddrüsen- und Hypophysenextrakten. Durch viele Pharmaka lassen sich Steigerungen des Blutzuckers hervorrufen als Wirkung zentraler und peripherer Sympathikusreizung. Bei operativen Eingriffen am Zentralnervensystem stellte sich heraus, daß nicht nur der Stich in den Calamus scriptorius im 4. Ventrikel Hyperglykaemie erzeugt (Piqûre, Claude Bernard), sondern daß es auch noch andere Zentren der Zuckerregulation gibt. Als man von den Beziehungen zwischen Drüsen mit innerer Sekretion und Blutzucker wußte, lag der Gedanke nahe, durch Röntgenstrahlen oder andere Strahlenenergie eine Beeinflussung des Blutzuckerspiegels zu versuchen. Zum Teil erhoffte man eine therapeutische Wirkung, z. B. beim Diabetes zu erzielen, zum Teil schien es wissenswert,

möglichst viel über die Gesamtwirkung der Bestrahlung zu erfahren. So bestrahlten Stephan und Leschke das Pankreas mit Reizdosen und fanden eine verminderte Zuckerausscheidung. Dresel bestrahlte Nebennieren mit hohen Dosen; es stellte sich eine Herabsetzung des Blutzuckers ein. Leberbestrahlungen ließen den größten Effekt erwarten und es zeigte sich in allen ersten Versuchen eine Blutzuckersenkung (Aubertin u. Bordet, Menetrier, Touraine u. Mallet). Alle beobachteten Blutzuckersenkungen waren nicht erheblich, während Nisse einen sehr beträchtlichen Abfall der Werte bis zu einem Zehntel des Normalzustandes fand.

Von rein theoretischen Gesichtspunkten über die Wirkung der Strahlen auf die Zelle ging Nürnberger aus: die Röntgenstrahlen schädigen vor allem das Keimeiweiß und bringen durch die „globuläre Chromatindegeneration" Nukleinsäuremoleküle, die nach E. Fischer eine Kohlehydratgruppe enthalten, in die Blutbahn. Da es außerdem nach Untersuchungen von Lusk und Embden mit Salomon bekannt ist, daß durch Desamidierung stickstoffhaltige Eiweißprodukte in Kohlehydrate übergeführt werden, so läßt sich vielleicht eine meßbare Veränderung der Blutzuckerwerte feststellen. Er bestrahlte nicht-diabetische Patientinnen, die an ovariellen Blutungen litten. Es erfolgte eine Strahlenhyperglykaemie bei fast allen Fällen, die am ersten oder zweiten Tag nach der Bestrahlung ihren Gipfel erreichte. Auffällig war das Zusammentreffen von Hyperglykaemie und Lymphopenie.

Untersuchungen über die Physiologie der Lichtwirkungen von Rothman ergaben bei Lichtbädern — vielleicht als Parallele zur schnellen Wirkung der Röntgenbestrahlung — anfangs eine beträchtliche Senkung des Blutzuckerspiegels, später einen Wiederanstieg desselben. Die Erscheinungen werden auf Herabsetzung des Sympathikustonus zurückgeführt.

Pincussen bestrahlte gesunde Menschen, Diabetiker und Tiere mit Ultraviolettlicht, Kohlenbogenlicht und Glühlicht gasgefüllter Vakuumlampen und fand stets eine Abnahme des Blutzuckers. Vogt stellte bei Blutzuckeruntersuchungen an nicht-diabetischen Schwangeren fest, daß mit künstlicher Höhensonne bestrahltes Insulin eine stärkere und länger anhaltende Wirkung ausübt als unbestrahltes Insulin. Röntgenbestrahlung erwies sich weniger wirksam als Bestrahlung mit Ultralicht.

Die Hoffnungen, die man bei der Strahlentherapie des Diabetes mellitus gehegt hatte, haben sich im allgemeinen nicht erfüllt. In neuerer Zeit wenigstens hat Kolta nur negative Resultate bei Bestrahlung der Pankreasgegend beobachtet. Bemerkenswert ist es, daß Kolta am Diabetiker die gleichen Ergebnisse der Blutzuckerbestimmungen fand, wie mehrere Untersucher in sorgfältigen Arbeiten am Nicht-Diabetiker, nämlich: kurz nach der Bestrahlung Senkung der Werte, nach zwei Stunden Steigen bis fast auf den Ausgangswert, nach 24 Stunden gleicher Zustand wie vor der Bestrahlung oder ganz geringe Erhöhung. Vor Jahren allerdings hatte Kolta gemeinsam mit Förster bei Patienten mit Krankheiten aller Art Blutzuckeruntersuchungen angestellt, bei denen ein unmittelbar nach Bestrahlung beginnender Anstieg der Werte zu verzeichnen war; nach 24 Stunden fand sich der Blutzuckerspiegel kaum noch über dem Ausgangswert. Strauß und Rother gewannen beim Studium der Blutzuckerveränderung durch Röntgenstrahlen den Eindruck, daß die verschiedenen Mitteilungen über den Verlauf der Blutzuckerkurve durch die verschiedenen Beobachtungszeiten zu erklären seien. Nach einem zeitlich genau festgelegten Schema bestrahlten sie bei einer Anzahl von Patienten die Oberbauchorgane und stellten fest, daß unmittelbar nach der Bestrahlung der Blutzuckerwert gleich blieb oder etwas sank. Nach 30—45 Minuten war das Minimum erreicht; von da an ein stetiges Steigen.

Nach 24 Stunden war der Blutzuckergehalt noch höher als vor der Bestrahlung.

Die Verfasser stellten weiterhin fest, daß sich durch Abdominalbestrahlungen die Wirkung des Insulins verstärken und die des Adrenalins abschwächen läßt. Sie nahmen an, daß die Abdominalbestrahlungen das vegetative System indirekt beeinflussen. Isolierte Hautbestrahlungen bewirkten keine Änderung der Blutzuckerwerte.

Ganz ähnliche Ergebnisse erzielte Lapatsanis bei Bestrahlungen von Patientinnen mit Karzinomen, Myomen, klimakterischen Blutungen und Adnexerkrankungen. Die Nüchternwerte vor der Bestrahlung wiesen eine große individuelle Differenz auf; sie schwankten zwischen 0,063—0,168 %. Es wurde abdominal und sakral bestrahlt. Als Bestrahlungsfolge fand sich: nach einer Stunde Bestrahlungszeit Abnahme der Werte, nach zwei Stunden Wiederanstieg und nach 24 Stunden meist Erreichen des Anfangswertes. Das Minimum lag also innerhalb der ersten zwei Stunden. Lapatsanis betont, daß sich die Ergebnisse der Blutzuckeruntersuchungen fast aller Autoren gemeinsam deuten ließen, wenn Bestrahlungsort, Beobachtungszeit, Dosis, Filter etc. genau berücksichtigt würden.

Der Tierversuch nimmt in den Arbeiten über Veränderung des Blutzuckerspiegels durch Bestrahlung einen breiten Raum ein. Bietet er doch hinsichtlich der Technik mancherlei Vorteile; Tiere kann man im allgemeinen länger hungern lassen als Menschen. Fraglich erscheint es, ob die Ergebnisse ohne weiteres auf den Stoffwechsel des Menschen zu übertragen sind. Tsukamoto bestrahlte bei Tieren Leber oder Oberschenkel und Brust. Während die Röntgenbestrahlungen von Oberschenkel und Brust keinerlei Veränderungen des Blutzuckerspiegels ergaben, war bei den Leberbestrahlungen als reine Bestrahlungsfolge in den meisten Fällen eine Erhöhung der Blutzuckerwerte zu

verzeichnen. In manchen Fällen trat keine Veränderung des Blutzuckers ein.

Lapatsanis untersuchte den Blutzucker bei isolierten Organbestrahlungen von Tieren. Leber, Milz, Pankreas und Unterleibsorgane wurden der Röntgenbestrahlung ausgesetzt. In allen Versuchen stellte sich eine Hyperglykaemie ein.

Aus gemeinsamen Experimenten von Strauß und Rother an Tierorganen ergab sich, daß bei Röntgenbestrahlung des Pankreas der Blutzuckerspiegel stieg, bei der der Nebennieren Hypoglykaemie auftrat; die letzte Wirkung trat erst nach Tagen ein. Rother hat später allein umfangreiche Experimentalstudien über die Blutzuckerbeeinflussung durch Röntgenstrahlen angestellt. Zunächst wollte er die Frage klären, ob die nach Röntgenbestrahlung eintretende Glykogenabgabe der Leber durch die direkte Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Leber ausgelöst wird oder ob sie durch irgendwo im Körper entstehende Stoffe erfolgt. Zur Untersuchung wurde isolierte Leber gewählt. Es zeigte sich, daß die Glukosebildung (aus Glykogen) der Lebergewebssuspension von Meerschweinchen die gleiche war, ob man Röntgenstrahlen darauf einwirken ließ oder nicht bestrahlte. Das gleiche Ergebnis hatten auch Untersuchungen an künstlich durchbluteten Hundelebern; als Durchströmungsflüssigkeit gebrauchte man mit Ringer-Lösung verdünntes Eigenblut. Eine vermehrte Zuckerabgabe an das Blut infolge Bestrahlung war nicht zu bemerken.

Dann prüfte Rother am Kaninchen die Beeinflussung des Blutzuckers und des Leberglykogens durch Röntgenstrahlen. Die „Fesselungshyperglykaemie“ erwies sich als unwesentlich. Zwei Tiere wurden vom Bauch aus, ein drittes vom Rücken aus mit Dosen, die ein Vielfaches der therapeutischen betragen, bestrahlt. In allen Fällen kam es zu einer beträchtlichen Hyperglykaemie, deren Gipfel in 1½ Stunden erreicht wurde. Bei der Sektion der

Tiere fand man die Leber glykogenfrei, während ein drei Tage vor der Bestrahlung durch Laparotomie exstirpiertes Leberstückchen Glykogen enthielt.

Um die Abhängigkeit der Glykogenmobilisation vom vegetativen Nervensystem darzustellen, durchschnitt Rother bei vier Kaninchen die beiderseitigen Splanchnici. Es stellte sich heraus, daß Röntgenbestrahlung — im Gegensatz zum nicht-operierten Tier — keine Blutzuckersteigerung verursachte. Statt derer trat sogar eine erhebliche Hypoglykaemie ein. Die gleiche Wirkung am Kaninchen ließ sich auch durch Injektion eines sympathikushemmenden Mittels (Gynergen) erzeugen. In vivo bestrahlte Meerschweinchen zeigten bei Bestrahlung der Leber- oder Unterbauchgegend eine deutliche Blutzuckersteigerung. An den Lebergewebssuspensionen dieser Tiere fand sich, daß gegen Ende der einstündigen Versuche der Zuckergehalt vermindert war. Zur genauen Kontrolle untersuchte man die Leber der bestrahlten Meerschweinchen histologisch und fand sie fast glykogenfrei, während die Leber unbestrahlter Tiere reichlich Glykogen enthielt.

Wie Rother prüfte auch Holtz vom hiesigen Pharmakologischen Institut die Zuckerabgabe bei Durchströmung isolierter Leber. Als Durchströmungsflüssigkeit wurde mit Ultraviolettlicht vorbehandeltes Rinderserum einerseits und andererseits unbestrahltes Rinderserum verwendet. Es wurde also nicht die Leber, sondern die Durchströmungsflüssigkeit bestrahlt. In fast allen Versuchen an Kaninchen und Hunden war eine geringere Zuckerabgabe bei Verwendung bestrahlten Serums gegenüber unbestrahltem Serum zu beobachten. Eine gleichartige Wirkung auf die Zuckerabgabe war bei Experimenten an isolierter Katzenleber nicht zu verzeichnen. Holtz glaubt, daß die Hemmung der Zuckerabgabe wahrscheinlich durch Stoffe hervorgerufen wird, die aus dem Körpereiweiß infolge der Ultra-

violettlichtbestrahlung entstehen und einen insulinähnlichen Einfluß ausüben.

Einen neuen Gesichtspunkt über die Blutzuckeränderung nach Bestrahlung bringt Held. Er nimmt an, daß die Beeinflussung des Blutzuckers durch die Allgemeinreaktion der Bestrahlung und durch Stoffwechselvorgänge in den strahlengetroffenen Zellen geschieht. Unter Vermeidung der Bestrahlungsregionen endokriner Organe wurde bei Kaninchen und Hunden der Oberschenkel bestrahlt, und eine Hyperglykaemie festgestellt. Held erklärt die Blutzuckersteigerung durch die Wirkung von Reaktionsprodukten, die infolge Strahlenabsorption entstanden sind und führt zum Beweis folgenden Versuch an: 50 ccm Blut wird Hunden durch Punktion entnommen, vor dem Gerinnen durch Na-Zitrat geschützt, 20 Minuten bestrahlt und wieder reinjiziert. Stets tritt eine Hyperglykaemie auf.

Die Strahlenwirkung auf die Regulation der Zelle zeigt sich bei Kaninchen- und Hundeexperimenten durch Untersuchung des kapillären und venösen Blutes. Stets fand man eine anfängliche Hypoglykaemie, die erklärt wird durch Hemmung der Blutzuckerbildung in der Muskelzelle infolge der Röntgenbestrahlung.

In letzter Zeit hat Pincussen versucht, die blutzuckerverändernde Wirkung der Strahlung auf andere Tiere zu übertragen. Er benutzte Meerschweinchen, die nüchtern bestrahlt und nach 60 Minuten getötet wurden. Aus Pankreas, Leber und Muskel wurden Organextrakte hergestellt, die anderen Meerschweinchen subkutan injiziert wurden, um deren Blutzuckerspiegel zu prüfen. „Parallelität zwischen dem Blutzucker des Spendertieres und der Wirkung der Extrakte war in der Regel nicht vorhanden".

Vor Beginn unserer eigenen Arbeiten an der Chirurgischen Klinik waren wir uns darüber im Klaren, daß die Untersuchungen nur durch genaue Zeitangaben zu verwerten seien. Bei Betrachtung der bislang veröffentlichten

Beobachtungen drängt sich stets die Vermutung auf, daß die z. T. sehr großen Differenzen in den Ergebnissen durch zeitlich genau festgelegte Untersuchungen ihre Erklärung finden würden. Auch würden sicherlich die vielen Theorien über die Ursache der Verschiebung des Blutzuckerspiegels vereinfacht und ihre Zahl vermindert werden.

Um grobe Fehlerquellen zu vermeiden, wurde einheitliches Material, nämlich Kranke, bei denen ein durch Probelaparotomie festgestelltes inoperables Magen-Karzinom vorlag, gewählt. Stets wurden die Oberbauchorgane bestrahlt und zwar meistens vom Bauch aus, aber auch vom Rücken und von der Seite. Ein meßbarer Unterschied der Blutzuckerwerte in Bezug auf die verschiedene Bestrahlungsrichtung ließ sich nicht erweisen; deshalb bleibt später bei Aufzählung der Fälle der Bestrahlungsort unerwähnt. Wir bestrahlten mit 20—100 % der H. E. D. Die Patienten waren frei von endokrinen Störungen.

Wir haben unsere Untersuchungen an Menschen gemacht, denn das Experiment am Menschen hat vor dem Tierversuch den unschätzbaren Vorteil,, daß das Ergebnis mit unter Umständen praktisch-therapeutischen Folgen auf den Menschen anwendbar ist und nicht mit zweifelhafter Berechtigung übertragen werden braucht. Einen großen Nachteil bringt es mit sich, indem es zuweilen eine enge technische Grenze findet. So kann man schwerkranke Menschen mit Magenkrebs nicht beliebig lange hungern lassen, nachdem mit vieler Mühe für Aufrechterhaltung ihres Appetits gesorgt wurde. Daher haben wir uns bei unseren Untersuchungen auf drei dicht aufeinanderfolgende Zeiten beschränkt: unmittelbar vor der Bestrahlung, sofort nach der Bestrahlung und eine Stunde später. Diese Beschränkung ist uns leicht geworden, als sich bald herausstellte, daß bei unserem Material der für den Verlauf der Blutzuckerkurve wichtige Umschlagspunkt innerhalb der ersten Stunden lag. Die Bultzuckerbestimmung wurde am stets nüch-

ternen Patienten gemacht und nach der Methode Hagedorn-Jensen ausgeführt. Der Übersicht halber sind die Ergebnisse in Tabellen zusammengestellt. Die angegebenen Prozentzahlen bedeuten Milligramm-Prozent.

Name, Alter d. Patienten	Datnm	Blutzucker vor der Bestrahlg.	Blutzucker nach der Bestrahlg.	Blutzucker 1 Std. n. d. Bestrahlg.	Bestrahlungsdosis in H. E. D
J. S., 46 J.	25. 1. 30	101 %	94 %		50 %
	27. 1. 30	137 %	131 %		90 %
R. B., 53 J.	20. 6. 30	82 %	71 %	74 %	70 %
	21. 6. 30	116 %	65 %	80 %	30 %
Fr. H., 62 J.	23. 6. 30	95 %	62 %		50 %
	24. 6. 30	97 %	92 %	74 %	50 %
	25. 6. 30	106 %	93 %	101 %	100 %
	26. 6. 30	97 %	90 %		100 %
A. P., 50 J.	24. 6. 30	95 %	58 %		50 %
	25. 6. 30	97 %	89 %	66 %	90 %
	26. 6. 30	70 %	68 %		90 %
R. B., 57 J.	4. 7. 30	91 %	84 %		50 %
	5. 7. 30	97 %	91 %	70 %	50 %
B. M., 57 J.	5. 7. 30	75 %	71 %		50 %
	7. 7. 30	75 %	64 %	82 %	50 %
M. J., 47 J.	6. 10. 30	88 %	79 %	79 %	50 %
	7. 10. 30	88 %	84 %	84 %	50 %
	8. 10. 30	88 %	82 %	84 %	50 %
	9. 10. 30	93 %	88 %	108 %	50 %
	10. 10. 30	99 %	92 %	110 %	100 %

Name, Alter d. Patienten	Datum	Blutzucker vor der Bestrahlg.	Blutzucker nach der Bestrahlg.	Blutzucker 1 Sd n. d. Bestrahlg.	Bestrahlungsdosis in H. E. D.
R. B., 53 J.	10. 9. 30	97 %	79 %	92 %	50 %
	11. 9. 30	93 %	88 %	98 %	50 %
A. M., 58 J.	5. 11. 30	107 %	102 %	109 %	50 %
	6. 11. 30	93 %	87 %	97 %	50 %
	8. 11. 30	96 %	93 %	96 %	90 %
M. W., 37 J.	5. 11. 30	100 %	94 %	95 %	50 %
M. K., 39 J.	3. 1. 31	97 %	89 %		33 1/3 %
F. D., 55 J.	13. 1. 31	84 %	83 %	75 %	33 1/3 %
	14. 1. 31	93 %	90 %	83 %	33 1/3 %
	15. 1. 31	90 %	92 %	79 %	33 1/3 %
	16. 1. 31	81 %	76 %		33 1/3 %
	17. 1. 31	85 %	81 %	81 %	33 1/3 %
K. A., 54 J.	14. 1. 31	85 %	88 %	77 %	33 1/3 %
	15. 1. 31	94 %	99 %		33 1/3 %
	16. 1. 31	83 %	81 %	87 %	33 1/3 %
	17. 1. 31	92 %	90 %	81 %	33 1/3 %
	19. 1. 31	95 %	91 %	90 %	33 1/3 %
	21. 1. 31	93 %	86 %	90 %	33 1/3 %
F. D., 55 J.	8. 11. 30	92 %	88 %	86 %	25 %
	9. 11. 30	83 %	72 %	65 %	25 %
W. B., 61 J.	21. 1. 31	101 %	95 %	84 %	33 1/3 %
	22. 1. 31	84 %	82 %	82 %	33 1/3 %
	23. 1. 31	84 %	75 %	79 %	33 1/3 %
	24. 1. 31	84 %	75 %	78 %	33 1/3 %
	26. 1. 31	101 %	99 %	89 %	33 1/3 %

Name, Alter d. Patienten	Datum	Blutzucker vor der Bestrahlg.	Blutzucker nach der Bestrahlg.	Blutzucker 1 St. n. d. Bestrahlg.	Bestrahlungsdosis in H. E. D.
W. B., 61 J.	24. 7. 31	80 %	76 %	80 %	20 %
	25. 7. 31	72 %	70 %	72 %	20 %
	27. 7. 31	99 %	95 %	95 %	20 %
	28. 7. 31	92 %	92 %	92 %	20 %
	30. 7. 31	93 %	90 %	90 %	20 %
	31. 7. 31	72 %	72 %	63 %	20 %
	1. 8. 31	79 %	79 %	79 %	20 %
	3. 8. 31	86 %	78 %	78 %	20 %
	4. 8. 31	89 %	89 %	89 %	20 %
	5. 8. 31	95 %	95 %	95 %	20 %
	6. 8. 31	84 %	84 %	84 %	20 %

Es wurden insgesamt 56 Bestrahlungen auf ihren Blutzuckerverlauf an 16 Patienten versucht. In einigen wenigen Fällen hat es sich nicht vermeiden lassen, aus klinischen Rücksichten auf die dritte Blutzuckerbestimmung zu verzichten.

Wie bei vielen Blutzuckerbestimmungen von den verschiedensten Untersuchern schon oft festgestellt war, schwankt der Nüchternwert der verschiedenen Menschen außerordentlich. Wir fanden vor den Bestrahlungen Zahlen von 72—137 mg %. An mehrfach bestrahlten Patienten zeigte sich fast immer, daß die Blutzuckerwerte am gleichen Kranken auch an den verschiedenen Tagen eine wechselnde Höhe annahmen. Am häufigsten blieben die Werte in den Grenzen zwischen 75 und 100 mg %. Der Blutzuckerspiegel des Kranken mit Magenkrebs hält sich also in der physiologischen Breite.

Nach den Bestrahlungen betrug 62 mg % der tiefste Wert, der jemals auftrat und 131 mg % der höchste. Doch am einzelnen Individuum ist es auffällig, daß fast nur geringe Wertverschiebungen stattfanden. Am häufig-

sten fand man als Differenz 10—20 mg %; die höchste betrug einmal 51 mg %. Daß die Beeinflussung durch die Röntgenbestrahlung wechselnde Grade aufweist, ist nicht verwunderlich, wenn man an die außerordentliche Verschiedenheit der Menschen in Bezug auf ihr vegetatives Nervensystem denkt. Ausgeprägte Typen wie Vagotoniker oder Sympathikotoniker brauchen im Untersuchungsmaterial garnicht vorhanden zu sein.

In den meisten Fällen war ein typisches Verhalten zu erkennen: unmittelbar nach der Bestrahlung niedrigster Wert, nach einer Stunde schon wieder ein vollzogener Anstieg des Blutzuckerspiegels, der meist nicht ganz bis an den Anfangswert heranreicht. Aber dieses Verhalten ist keine feststehende Regel. In 15 Untersuchungen lag das Minimum nicht innerhalb der ersten Stunde nach der Bestrahlung, sondern es zeigte sich ein Fallen der Werte bis zur letzten Blutzuckerbestimmung. Wahrscheinlich trat die tiefste Senkung des Zuckerspiegels etwas später ein. Die übrigen Ergebnisse lassen diesen Wahrscheinlichkeitsschluß zu.

In 7 Fällen fand sich die umgekehrte Tendenz, indem nach einer Stunde bereits Werte erreicht wurden, die über dem Niveau des unbestrahlten Körpers lagen. Diese überschießende Reaktion hat vielleicht noch zu höheren Werten als den von uns gemessenen geführt. Im allgemeinen müßte man aber annehmen, daß der Körper aus Zweckmäßigkeitsgründen den Normalzustand möglichst bald herbeizuführen versucht, falls ihm das mit intakten und ungeschädigten Inkretorganen gelingt. Indessen stellte es sich in einigen ganz wenigen Fällen heraus, daß der Blutzuckerspiegel eine ganze Stunde lang seinen Tiefstand beibehielt, falls man nicht annimmt, daß zwischen den beiden Untersuchungen eine nicht zu bemerkende Veränderung lag. Aus unseren Versuchen kann leider nicht ersehen werden, ob nicht etwa nach den meisten Bestrah-

lungen die Blutzuckerkurve einen völlig normalen Verlauf nimmt, nachdem die zunächst auftretende Hypoglykaemie überwunden wird.

Interessant ist die Übersicht über die mehrfach bestrahlten Patienten. So zeigt sich, daß die seltene überschießende Reaktion im Sinne einer Hyperglykaemie am gleichen Patienten trotz gleicher Versuchsbedingungen nicht konstant zu beobachten ist. Das vegetative System mit seiner Wirkung auf den Blutzuckerspiegel ist sicherlich noch vielen Einflüssen unterworfen, von deren Wesen und Stärke wir nichts wissen. Die Blutzuckerbestimmungen am letztbestrahlten Patienten (W. B.) scheinen zu zeigen, daß wiederholte, dicht aufeinanderfolgende Bestrahlungen einen erheblichen Eingriff in das Regulierungsvermögen des menschlichen Körpers hinsichtlich der Blutzuckerhöhe bedeuten. Der Patient wurde an dicht hintereinanderfolgenden Tagen elfmal bestrahlt. Fünfmal fand sich zu unserer Überraschung nicht die geringste meßbare Beeinflussung des Blutzuckerspiegels. Am deutlichsten trat die Erscheinung gegen Ende der Bestrahlungsfolge auf, denn gerade an den letzten drei Bestrahlungstagen blieben die Blutzuckerwerte unverändert.

Niemals ließ sich erweisen, daß die Bestrahlung des vorangehenden Tages einen bestimmbaren Einfluß auf den Nüchternwert des nächsten Tages ausübt. Die Zahlen der Nüchternwerte vor der jeweils neuen Bestrahlung schwanken beim mehrfach bestrahlten Kranken beträchtlich, ohne eine sichtbare Tendenz aufzuweisen.

Abgesehen vom Verhalten des erwähnten Vielbestrahlten trat auch bei mehrfachen Bestrahlungen nach jeder zunächst die anfängliche Hypoglykaemie ein. Diese Hypoglykaemie fand sich so regelmäßig, daß man beinahe geneigt ist, technische Mängel als Ursache für die Tatsache dreier Ausnahmefälle anzunehmen. Wieweit Fehlerquellen in der Blutzuckerbestimmung mitspielen, ist schwer zu

sagen. Es ist möglich, daß trotz peinlichster Obacht doch einige technische Ungenauigkeiten unterlaufen sind, die bei den geringen Wertverschiebungen sich entscheidend auswirken. Stets ist ja auch mit der Unfolgsamkeit des Patienten zu rechnen, der trotz des Verbotes kurz vor der Bestrahlung noch Nahrung zu sich nimmt. Jedenfalls verlief bei insgesamt drei Bestrahlungen an zwei Patienten die Blutzuckerkurve völlig abnorm: gleich nach der Bestrahlung war eine Steigerung gegenüber dem Anfangswert eingetreten, während der Abfall zur Hypoglykaemie erst innerhalb der nächsten Stunde erfolgte. Auffällig ist, daß diese Ausnahmeerscheinung sich zweimal am gleichen Patienten einstellte. Ob etwa abnorme endokrine, nicht sichtbare Störungen vorlagen, ließ sich nicht feststellen. Bei den übrigen 53 Bestrahlungen ist das unerklärliche Verhalten nicht beobachtet worden.

Im Gegensatz zum Tierversuch, bei dem oft mit dem Vielfachen therapeutischer Dosen gearbeitet wird, ließ sich bei unseren Bestrahlungen mit Dosen von 20—100% der H.E.D. kein einheitlich sichtbarer Effekt erzielen, ob schwache oder starke Dosen angewendet wurden. Sowohl die wenig wie die häufig bestrahlten Patienten zeigten kein konstantes Verhalten im Grad der Verschiebung des Zuckerspiegels als Ausdruck für die jeweilige Bestrahlungsdosis. Wurde stets gleich stark bestrahlt, so änderten sich die Blutzuckerwerte beliebig und wurde mit der Dosis gewechselt, so trat in einer Reihe von Fällen eine große Differenz der Werte bei kräftiger und eine kleine bei schwächerer Bestrahlung auf; aber ebenso häufig war es umgekehrt. Oft war die Bestrahlungsfolge zahlenmäßig völlig gleich.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß beim Kranken mit Magen-Karzinom unmittelbar nach der Röntgenbestrahlung allermeist eine Senkung des Blutzuckerspiegels eingetreten ist, die sich nach dem Verlauf einer Stunde noch nicht ganz ausgeglichen hat. Die Blutzuckerabnahme ist

nur geringgradig und durch verschiedene Dosierung der Röntgenstrahlen nicht sichtbar zu beeinflussen.

Es ist nicht anzunehmen, daß der meist nach der Bestrahlung auftretende „Röntgenkater", die Bestrahlungskachexie, durch die unwesentliche Blutzuckersenkung verursacht wird, wenn sich auch der unangenehme Zustand durch Traubenzuckerinjektionen mildern läßt. Die größte Wirkung der Röntgenstrahlen wird wahrscheinlich im Eiweißhaushalt erfolgen durch Schädigung und Zerfall des Zellkerns. Eine Untersuchung des Eiweiß- und Fettstoffwechsels, neben der von uns versuchten des Zuckerstoffwechsels, würde zu einer Erweiterung des Wissens über die Wirkungsart der Röntgenstrahlen sicherlich beitragen. Zu hoffen wäre, daß sich durch derartige Untersuchungen eine noch wirksamere therapeutische Anwendung der Röntgenbestrahlung erzielen ließe als bislang.

Zur Quellenkunde.

Held: Strahl.-Ther., Bd. 38.
Holtz: Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie Bd. 226.
Isaak und Siegel: Handbuch der Normalen und Patholog. Physiologie (Bethe etc.), Bd. 5.
Kingreen: Zentralblatt für Chirurgie, Nr. 46. Jahrg. 57.
Kolta: Strahl.-Ther., Bd. 31.
Kolta und Förster: Strahl.-Ther., Bd. 21.
Lapatsanis: Strahl.-Ther., Bd. 22.
Nürnberger: Strahlen-Therapie, Bd. 12.
Pinkussen: Klin. Wochenschrift, Nr. 17, Jahrg. 10.
Pinkussen: Strahlen-Therapie, Bd. 18.
Rother: Strahlen-Therapie, Bd. 27.
Rothmann: Strahlen-Therapie, Bd. 16.
Strauß und Rother: Strahlen-Therapie, Bd. 18.
Tsukamoto: Strahlen-Therapie, Bd. 18.
Vogt: Strahlen-Therapie, Bd. 27.

Lebenslauf.

Ich wurde am 28. Januar 1905 zu Hannover geboren, verbrachte meine ersten Schuljahre in Hannover und Goslar a. Harz und bestand nach Besuch der Oberrealschule in Helmstedt (Braunschweig) im Februar 1924 die Reifeprüfung. Zum S. S. 1924 ging ich nach Marburg a. d. Lahn, um Jura zu studieren, wechselte nach 2 Semestern die Fakultät und wurde Mediziner. Ich studierte außer in Marburg noch an den Universitäten Greifswald, Freiburg i. Br. und Graz. In Greifswald bestand ich Physikum und Staatsexamen (S. S. 1927, W. S. 1930/31).